

HEGESZTÉS TECHNIKA

XXX. ÉVFOLYAM
2019. 3. SZÁM



A MAGYAR HEGESZTÉSTECHNIKAI ÉS ANYAGVIZSGÁLATI EGYESÜLÉS FOLYÓIRATA

Making our world more productive



www.lindegas.hu

TARTALOM

1 MHE Egyesületi és Személyi hírek MHE Association and Personal News MHE Vereinigungs-, und Persönliche Nachrichten

Ginsztler János	3
Beszámoló a C-VIII-as bizottság munkájáról	3
a 2019. évi 72. IIW közgyűlésen	7
Hegesztők, európai szintű, munkaalapú oktatása	8
Folytatódik a Nemzetközi Hegesztőspeciálisták képzése	8
Újabb Nemzetközi Hegesztőtechnológus képzés zárult	9
Szemelvények a Nemzetközi Hegesztési Intézet	10
72. Közgyűléséről és a Nemzetközi Konferenciáról	14
Nemzetközi/Európai kiemelt (IWP/EWP) hegesztő tanfolyam vizsgázói	15
Úlésezett az IAB	18
MHE Akadémia – tervezett tanfolyamok 2019-ben	19
Az MHE társ- és más intézmények folyóiratainak témái	20
3rd International Conference	
on Vehicle and Automotive Engineering VAE2020	

2 Országos Tanácskozás National Conference Nationale Konferenc

DR. JÁRMAI KÁROLY

Hegesztett szerkezetek költségtakarékos kialakítása	23
Cost-effective production of welded structures	23
Erzeugung von geschweißten Konstruktionen kostengünstig	23

SIMONKAY VERONIKA

A Biodom építése	31
Building the Biodom	31
Der Aufbau den Biodom	31

ERDŐ IMRE

Európai szintű vasúti jármű gyártás, javítás, és karbantartás,	35
európai szintű gyártásfelügyelő képzés	35
Rolling stock production on European level	35
Eisenbahnfertigung auf europäischen Niveau	35

FORGÁCS PÉTER

Intelligens, Ipar 4.0 feltételeihez igazodó	37
XHT-01-es huzalelőtoló fejlesztése a FORTRANS Kft.-nél	37
Intelligent, Industry 4.0 compliant	37
development of XHT-01 wire feeder at FORTRANS Kft.	37
Entwicklung von Drahtvorschubgeräte XHT-01	37
bei der FORTRANS Kft., konform mit Intelligent, Industrie 4.0	37

BIRÓ TAMÁS

Robothegeztés a darugyártásban	41
Manufacturing crane using robotic welding	41
Roboteranwendung im Kranbau	41

DR. FARKAS ATTILA

A robothegeztés tervezése a hegesztési felelős szemszögéből	47
Ideas for planning robotic welding according to the coordinator's view	47
Entwurf Schweißen mit Roboter wie es sieht der Schweißbeauftragter	47

DR. GREMSPERGER GÉZA PhD

EFW- rendszerű duális hegesztő képzésre vonatkozó	53
leggyakoribb információk kérdés-felelet formában	53
Information based on frequent asked questions	53
about welder dual training according to EWF-system	53
Information über die Dualausbildung nach EWF Lizenz	53
erklärt mit häufig aufgestellten Fragen	53

SZABÓ JÓZSEF

Megjelent a hegesztésfelügyeleti személyzetre vonatkozó	59
MSZ EN ISO 14731:2019	59
Recently published MSZ EN ISO 14731:2019 on welding coordination	59
Die neue Ausgabe von MSZ EN ISO 14731:2019 war ausgelegt	59

VARBAI BALÁZS, MÁJLINGER KORNÉL

A nitrogén szerepe a duplex acélok lvhegesztésekor	63
The role of nitrogen when welding duplex-steels	63
Die Rolle von Nitrogen wenn Duplex-Stähle	63
mit Lichtbogenschweißen werden geschweißt	63

NACSA GERGELY, GYURA LÁSZLÓ

Különböző szilárdságú acélok lánggyengítési tapasztalatai	69
Experiences if using flame-straightening on different steel-grades	69
Erfahrungen wann Stählen mit verschiedenen Festigkeit werden mit	69
Flammrichten behandelt	69

VARGA ZSOLT

Az MSZ EN ISO 15614-1:2017 szabvány adta	79
új lehetőségek és korlátok ismertetése	79
New possibilities and limits of MSZ EN ISO 15614-1:2017	79
Neue Möglichkeiten und Beschränkungen	79
bezüglich von MSZ EN ISO 15614-1:2017	79

3 Kutatás-Fejlesztés Research and Development Forschung und Entwicklung

KÓVÁGÓ CSABA, MÁJLINGER KORNÉL, LEHEL JÓZSEF

A hegesztési füst szilárd részecskéinek egészségügyi hatásai	92
a szakirodalom és saját vizsgálat tükrében	92

PROF. DR. JÁRMAI KÁROLY, ERDŐS ANTAL

Szemelvények a nemzetközi hegesztési intézet	103
XI, XIII és XV-ös bizottságai munkájából	103

4 Sajtóközlemények Press release Pressemitteilungen

How does IIW/EWF educations match with (EN) ISO 14731:2019	96
--	----

STEFANIE NÜCHTERN-BAUMHOFF

SIKERSZTORI – Áramforrások és robotok egy kézről	100
--	-----

Cimlapon: Linde Gáz Mo. Zrt. – Making our world more productive
A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés szakfolyóirata
Periodical of the Hungarian Association of Welding Technology and Material Testing
Zeitschrift der Ungarischen Vereinigung für Schweißtechnik und Material Prüfung

Prof. Dr. Jármay Károly*, Erdős Antal**

Szemelvények a nemzetközi hegesztési intézet XI, XIII és XV-ös bizottságai munkájából

2019 július 7–12 között került megrendezésre Pozsonyban a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) évi közgyűlése és nemzetközi konferenciája. A magyar delegáció a hely közelsége miatt is nagyobb volt a szokásosnál. Több mint 20 egyetemi szakember és ipari szakértő vett részt a megbeszéléseken, a konferencián. A csoport képe az 1. ábrán látható.

A XI, XIII és XV bizottságokban folyó munkáról kivonatolt ismertetést kívánunk adni ebben a cikkben, lehetővé téve a szélesebb szakmai körnek az ott folyó munka megismerését, és az ilyen jellegű munkába való bekapcsolódást a MAHEG-en (<http://www.maheg.hu/>), illetve az MHTÉ-n (<https://mhte.webnode.hu/>), mint magyar képviselőknél keresztül.

Az IIW vitathatatlanul legaktívabb bizottsága a XIII-as, ahol nagyon sok kutatási anyag kerül ismertetésre, megvitatásra. Itt a fő témakör a hegesztett kötések fáradása. 2019-ben több mint 50 dokumentumot vitattak meg. Ezek közül emelünk ki néhányat.

XIII-2784-19 DETERMINATION OF NOTCH FACTORS FOR WELDED BUTT JOINTS BASED ON NUMERICAL ANALYSIS AND META-MODELING, Markus Oswald, Josef Neuhausler, Klemens Rother, Munich University of Applied Sciences, Germany

A hegesztett elemek fáradási szilárdságának becslésére szolgáló effective notch stress (hatékony bevágási feszültség) megközelítés megköveteli az idealizált hegesztési geometria feszültségkoncentrációs tényezőinek ismeretét a bevágási sugarakkal. Ez a tanulmány a hegesztett tompavarratok feszültségkoncentrációs tényezőinek becslését foglalja magában, egyoldalas Y-hegesztéssel és kétoldalas DY-hegesztéssel, mindegyik részleges vagy teljes beolvadással. A kapott becslésekben a vékony, közepes és vastag falú kötések szerepelnek, valamint a különböző bevágási sugarak és a hegesztési szögek.

A különböző meglévő becslésekkel összehasonlítva új módszereket hasz-

nálunk, amelyek metamodellezést alkalmaznak (a) polinomiális regresszió alapuló válaszfelületi módszerrel, kapcsolódási feltételekkel és (b) mesterséges neurális hálózatokon alapuló módszerrel. Mindkét módszer hasonló és kiváló minőséget mutat. A meglévő becslési módszerekhez képest sokkal kisebb hibák adódnak. A módszereket betanították a végelemek referencia-eredményeinek nagy adatállományával, összesen 11871 tervezési alternatívára (mintára). A magasabb becslési minőség mellett az új metamodellek növelik a tompa varratok megengedett paramétereinek tartományát a meglévőkhöz képest. A kapott módszerek gyors és megfelelő minőségű feszültség-koncentrációs tényezők meghatározását teszik lehetővé, amelyek bonyolultabb alkalmazásokba ágyazhatók.

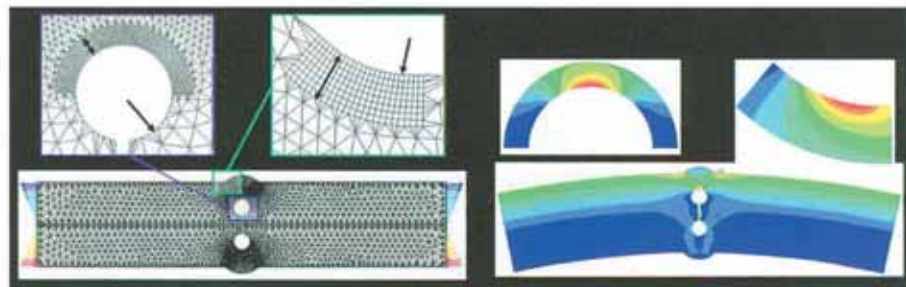
XIII-2792-19 INCREASED ACCURACY THROUGH CONSIDERATION OF THE STATISTICAL SIZE EFFECT WITHIN THE NOTCH STRESS CONCEPT, A. Deimböck, M. Wächter, A. Hesse, J. Hensel, A. Esderts, Clausthal University of Technology, Germany

A bevágási feszültség koncepciót a hegesztett szerkezeti elemek fáradási élettartamának kiszámításához dolgozták ki és ellenőrizték. Ennek egyik előnye, hogy egyetlen Wöhler-görbét (egy FAT fáradási osztály alapján) különböző hegesztési varrat geometriáira alkalmaznak. Viszont a hegesztési varratot részletesen modellezni kell egy végelemez számításához. A hatalmas adatbázis és a bevágási feszültség koncepcióval kiszámított ki-



1. ábra. A magyar csoport Pozsonyban

sérleti fáradási, szilárdsági eredmények összehasonlítása meglehetősen nagy szórást mutatnak (alacsony pontosság). Az ugyanazon hegesztett alaplamezekből gyártott különböző minta geometriákkal történt fáradásvizsgálatokkal felismerhető korreláció mutatható ki a nagy terhelésű hegesztési varrat hossza és a kísérletileg meghatározott bevágási feszültség nagysága között. A fáradási szilárdság csökken, ha a hegesztési varratok hossza növekszik. Az utóbbi mennyiség kiszámítható a végelemez szimulációk segítségével, amelyek a bevágási feszültség meghatározására szolgálnak. A megállapított hatás már jól ismert, mint a nem hegesztett alkatrészek statisztikai mérhetősége. Az itt bemutatott eredményeket arra használják, hogy a statisztikai mérhetőséget mind minőségi, mind mennyiségi szempontból módosító tényezőként írjuk le. Ezt a módosító tényezőt használhatjuk a bevágási feszültség eljárásán belül, és ezáltal csökkentjük a fent említett szórási sávot. Ennek eredményeképpen megnövelhető a bevágási



2. ábra. VEM modell az effective notch stress analízishez, a peremfeltételekkel

feszültség módszerével meghatározott fáradási szilárdság pontossága.

XIII-2793-19 INFLUENCE OF WELD GEOMETRY ON NOTCH STRESS DISTRIBUTION AND STRESS CONCENTRATION FACTORS, A.Hesse, J.Hensel, A.Deinböck, M.Wächter, K.Dilger, Technische Universität Braunschweig, Clausthal University of Technology, Germany.

A közelmúltban végzett vizsgálatok korrelációt találtak a hegesztett kötések nagyfeszültségű része és fáradásuk között. Ezekben a vizsgálatokban a nagyfeszültségű térfogatot megváltoztatták a fáradásvizsgálatok során alkalmazott különböző geometriai minták alkalmazásával. A fáradási szilárdság akkor csökkent, amikor tesztelték a nagyfeszültségű mintákat. Ezzel a tanulmányok kimutatták, hogy a statikus mérhetőség befolyásolja a hegesztett kötések fáradását is. A nagyfeszültségű térfogatot feszültség-számításokkal határozták meg. Eddig a tanulmányok kimutatták, hogy a megközelítés olyan mintáknál működik, amelyek idealizált hegesztési geometriával rendelkeznek. Ezért ennek a tanulmánynak a célja a hegesztési geometriának és a hegesztési hibáknak a nagyfeszültségű térfogatra gyakorolt hatásának jellemzése. A hibák figyelembevétele különösen fontos a gyakorlati alkalmazásokhoz.

Ezen hibák jelen lehetnek, és befolyásolhatják a fáradást.

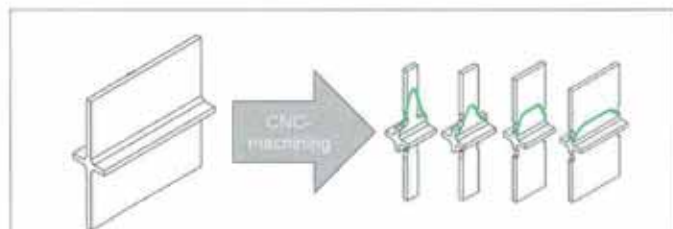
XIII-2810-19 A STUDY ON THE TYPE-B HOT SPOT STRESS, Norio YAMAMOTO, Tomohiro Sugimoto, Kinya Ishibashi, Satoyuki Tanaka, Nippon Kaiji Kyokai, Hiroshima University, Japan

A feszültségeloszlást a *b*-típusú hegesztett kötések és a szabad végű kereszt alakú hegesztett kötések vége elemes test-modell, finomhálós héj-modell és a durvahálós héj-modell alkalmazásával értékelték. Az egyes FE-modellek hot-spot feszültségének kiértékelését és összehasonlítását a kiolvasási pontokon a feszültségek extrapolálásával határozták meg, az IIW ajánlása alapján. A síkbeli hegesztett kötések vonatkozásában megerősítést nyert, hogy a szilárd modell és a héjmodell által okozott hot spot feszültségek a síkban lévő bevágások esetében megfelelőek, amelyekben az alaplemez és a csomólemez vastagsága megegyezik. Megfigyelhető, hogy a héjmodell alacsonyabb hot spot feszültséget határoz meg, mint a szilárd modell, amikor az alaplemez vastagabb, mint a csomólemez. Ennek a különbségnek az oka, hogy a héjmodell nem értékeli az alaplemez vastagságirányában a feszültségeloszlást a síkban elhelyezett csomólemez előtt, hanem átlagolt feszültséget számol. Megvizsgálták a héj-modell által

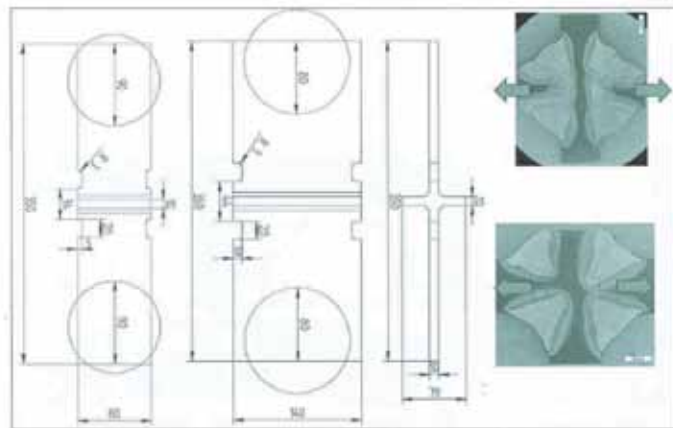
kiértékelt egyszerű módosító tényezőt a két lemezvastagság aránya alapján. A merevített keresztalakú hegesztett kötések megerősítést nyert, szabadvégű csomólemeznél a hot spot a csomólemez sarkánál van. Megfigyelhető, hogy a héj-modell alacsonyabb hot spot feszültséget becsül meg, mint a test-modell.

XIII-2779-19 FATIGUE ANALYSIS ON THE TRANSVERSE FILLET-WELDED JOINTS MADE OF ULTRA-HIGH-STRENGTH STEEL – MEAN STRESS CORRECTION USING 4R METHOD, Antti Ahola, Tuomas Skriko, Timo Björk, Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, Finland

A kísérletben vizsgált, S960 és S1100 ultra nagy-szilárdságú acélból (UHSS) készült, kísérletileg tesztelt keresztirányú sarokvarratos, nem terhelhető T- és X-kötések fáradás vizsgálatát végezték el. A vizsgálat sorozat hegesztett kötések tartalmazott a hegesztett (AW), nagyfrekvenciás mechanikai tömörítéssel kezelt (HFMI) és TIG utókezelte állapotban. A fáradás vizsgálatokat egytengelyű állandó amplitúdó terheléssel (CAL) hajtották végre, $R = 0,1-0,5$ feszültségárány mellett. A hegesztési geometriát és a maradó feszültség méréseket elvégezték és minden egyes kapcsolatnál a fáradási szilárdságot 4R módszerrel értékelték, amelyben a ciklikus rugalmas-képlékeny viselkedést az alkalmazott bevágási rúd feszültség $\Delta\sigma_k$, a gyökoldal radiusza, szilárdság R_m , a maradó feszültség σ_{res} , és a külső terhelés R feszültségáránya alapján. A



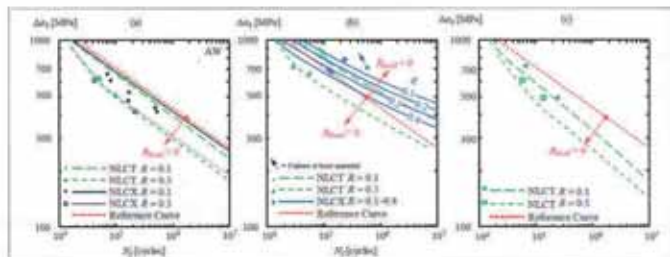
3. ábra. A hegesztett elemek különböző feszültség-eloszlása a varratgyök mentén



4. ábra. Keresztkapcsolatok vizsgálata



(a) $t_1 = t_2 = 10$; (b) $t_1 = 20, t_2 = 10$; (c) $t_1 = 40, t_2 = 10$
5. ábra. A hot spot feszültség különböző lemezvastagságoknál



6. ábra. A 4R módszer S-N görbéi R_{local} -korrekcióval és az eredeti adatpontok ($N_{L, \Delta\sigma_k}$) az S1100 csomópontoknál a) AW, b) HFMI-vel kezelt és c) TIG-kezelt állapotban. A referenciagörbére $C_{mean} = 1018,30$ és $m = 4,66$

Smith-Watson-Topper (SWT) paramétert arra használták, hogy átlagos feszültség-korrekciót végezzenek, hogy az összes eredményt egyetlen S-N görbére vigyék. Az eredmények azt mutatják, hogy a hagyományos feszültség alapú megközelítések, azaz a névleges feszültség, a szerkezeti hot-spot (HS) feszültség és a hatékony bevágási feszültség fogalmak alkalmazásakor az AW és PWT állapotban a fáradási szilárdsági kapacitás R -függő volt. Ennek ellenére a 4R-módszer a kísérleti eredmények és a fáradási szilárdsági vizsgálat közötti jó egyezést eredményezett, függetlenül a terheléstől és az csomóponti viszonyoktól.

XIII-2780-19 FATIGUE STRENGTH OF FILLET-WELDED JOINTS AT SUB-ZERO TEMPERATURES, Moritz Braun, Robert Scheffer, Wolfgang Fricke, Sören Ehlers, Hamburg University of Technology, Germany

A hajók és a tengeri szerkezetek, beleértve a szélurbinákat is, szezonális fagyási hőmérsékletű területeken is működtethetők. Ezeket a szerkezeteket és azok anyagait úgy kell megtervezni, hogy megfeleljenek a szélsőséges környezeti követelményeknek. Míg a jelenlegi szabványok azt állítják, hogy figyelmet kell fordítani a fáradás-tervezési görbék érvényességére a nulla alatti hőmérsékleten, a szerkezeti acél fáradási szilárdságának vizsgálata szubzéro hőmérsékleten kevés, és az anyagválasztás általában a tervezési hőmérsékleten a törési szilárdság tulajdonságain alapul. A jelen vizsgálatban a hegesztett normál- és nagy szilárdságú acélszerkezetek fáradását a nulla alatti hőmérsékleten kísérletekkel elemezték. A hegesztett acél alacsony hőmérsékleten történő fáradási szilárdságára vonatkozó va-

lamennyi közzétett adat a tompavarrat hegesztett mintákon alapul. Ezért a sarokvarratos hegesztett mintákat -20 °C és -50 °C közötti hőmérsékleten vizsgálták a szoba-hőmérsékleten történt vizsgálatokkal való összehasonlítás céljából. Jelentősen nagyobb fáradási szilárdságot mértek a nemzetközi szabványokon alapuló becslésekhez és a tervezési előírások adataihoz képest, még a megengedett üzemi hőmérséklet alatti hőmérsékleten is, a törésszállási eredmények alapján.

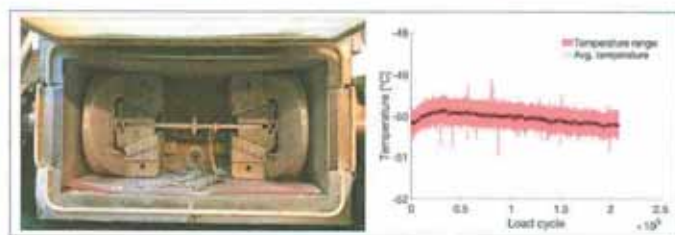
XIII-2786-19 FATIGUE PROPERTIES OF AUSTEMPERED DUCTILE IRON-TO-STEEL DISSIMILAR ARC-WELDED JOINTS, G. Meneghetti, A. Campagnolo, D. Berto, E. Pulcin, S. Masaggia, University of Padova, Zanardi Fonderie Spa, Italy

A mechanikai rendszerek szerkezeti kialakítása egyre inkább ugyanazon szerkezetben lévő különböző anyagok elfogadásához vezet, hogy javítsa annak teljesítményét. Lehetséges megoldás az eltérő ívhegesztésű kötések alkalmazása, amelyeknek gyakran képesnek kell lenniük a magas ciklusszámú terhelésekkel szembeni ellenállásra az üzemi körülmények között. A tervezési szabványok és ajánlások nemrégiben elérhető kötés-technológiaként nem adnak különféle kötésekre fáradási szilárdság-kategóriát, ezért külön vizsgálatok szükségesek. A jelen közreműködésben az EN-JS-1050 hőkezelt gömbgrafitos vas és S355J2 acél eltérő ívhegesztett kötéseinek fáradtsági viselkedését vizsgálták kísérletileg, hogy meghatározzák a tipikus hegesztési részletek fáradási szilárdsági kategóriáit és összehasonlítsák őket a megadott kategóriákkal. Először a különböző kötésekkel metallográfiai elemzéssel értékeltük. Mérték a mik-

ro-keményiség profilokat, és a maradó feszültséget röntgen-diffrakciós technikával a különböző kötésekben. Mind-egyik próbadarabnál megvizsgálták mérés az elcsavarodás és a nyúlás mértékét. Kísérleti fáradási vizsgálatokat végeztek (8a. ábra) részlegesen átolvadott tompavarratoknál tengelyirányú terhelés esetén, (8b. ábra) teljesen átolvadott tompavarratoknál és kereszt-kötésekben négy pontos hajlítás esetén. Minden kötést kezelés nélküli körülmények között teszteltek, azaz feszültségcsökkentő hőkezelés nélkül. A kötések törésfelületeit elemezték, hogy azonosítsák a fáradási repedésindulási helyét.

XIII-2787-19 FAT CLASSES OF WELDED STEEL DETAILS DERIVED FROM THE MASTER DESIGN CURVE OF THE PEAK STRESS METHOD, Michele Zanetti, Vittorio-Babini, Giovanni Meneghetti, University of Padova, Antonio Zamperla Spa, Italy

Ebben a tanulmányban az acélhegesztett kötések fáradási szilárdságának elemzésére a Peak Stress Method (PSM) kerül alkalmazásra. Ez a módszer a bevágások feszültségintenzitási tényezőik (N-SIF) megközelítésének mérnöki alkalmazása, és az egyenes, lineáris rugalmas csúcspontok alapján, viszonylag durva FE-elemekből számítva. Egyetlen tervezési görbét javasoltak korábban, amely megfelelően definiált ekvivalens csúcspontként értelmezhető és az ívhegesztett acélsuklók egy- és többtengelyű fáradására érvényes; sőt az N-SIF paraméterek teljes mértékben figyelembe veszik az összes geometriai és skálázhatóságot. A szerkezetek nagy méretei miatt a cégeknek gyakran szükségük van a végelemes gerenda model-



7. ábra. Hűtőkamra, a nulla fok alatti hőmérsékleten végzett fáradás

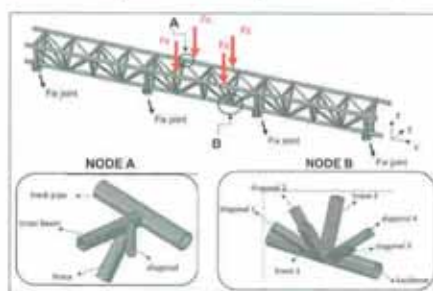


8a. ábra. A részleges beolvadású tompavarrat törésfelületei axiális terhelés mellett



8b. ábra. A teljes beolvadású tompavarrat törésfelületei axiális terhelés mellett

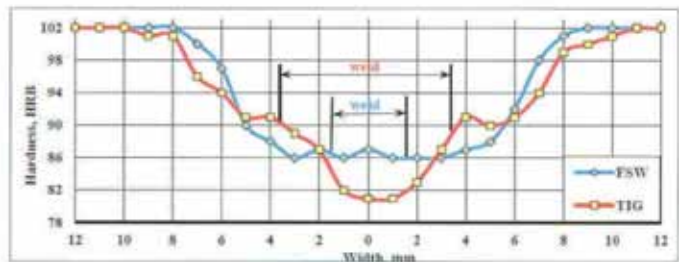
9a. ábra. Rácsos szerkezet terheléssel és peremfeltételekkel, valamint a PMS-sel elemzett csomópontok részletei



9b. ábra. A teljes szerkezet



10. ábra. a) Autódaru terepen b) a keresztirányú tompavarrat példakénti ábrázolása a húzófeszítéssel terhelt felső övlemezben



11. ábra. A TIG és az FSW technológiával előállított 1,8 mm vastag 1420 ötvözetből készített hegesztett kötések keménységének megoszlása a hegesztett kötések felületén

lekre a fáradás erősségének értékeléséhez, ami megnehezíti a héj- vagy háromdimenziós FE modellek használatát. A gerendaelemek azonban névleges feszültségeket (és nem helyi feszültségeket) adnak, amelyekre össze kell hasonlítani a tervezési szabványokban rendelkezésre álló megfelelő fáradási szilárdsági értékekkel (FAT osztályokkal). A rendelkezésre álló FAT osztályok korlátozott száma miatt a megfelelő megtalálása gyakran nehéz, különösen akkor, ha összetett geometriaiak veszünk figyelembe. A munka célja a FAT osztályok meghatározása a névleges feszültség szempontjából számos geometriailag összetett szerkezeti részlet tekintetében, a PSM tervezési görbéjéből kiindulva. A FAT osztályokat a Hot Spot feszültség megközelítés alkalmazásával határozták meg. Ezután összehasonlították a két módszerrel kapott eredményeket. Az elemzett szerkezeti részleteket tipikusan a vidámparkban előforduló szerkezetek esetén alkalmazzák, és nem sorolják be a közös tervezési szabványokba.

XIII-2798-19 INTEGRAL TREATMENT OF BUTT JOINTS FOR THE FATIGUE LIFE ASSESSMENT IN THE LOW CYCLE FATIGUE REGIME, Benjamin Möller, Fraunhofer Institute for Structural Durability and System Reliability LBF, Darmstadt, Germany

A daruszerkezetek terhelési körülményei között a hegesztett kötések fáradásvizsgálata az alacsony ciklus számtól a magas ciklusig magában foglalja a rugalmas-képlékeny anyag viselkedését, a változó amplitúdójú terhelést és az elfogadható számítási időket. Ezért integrált kezelést fejlesztettek ki a fáradásnak kitett kapcsolatok élettartamának becslésére. A tompavarratot teljes egészében úgy tekintik, hogy ezt a ciklikus terhelés határozza meg. Ennek a leírásnak az alapja a ciklikus feszültség-nyúlás és a három lineáris szakaszból álló fe-

szültség-élettartam viselkedési görbék a különböző nagy szilárdságú finomszemcsés szerkezetű acéloknál, amelyeket a feszültség-szabályozott fátörési vizsgálatok eredményeznek. Ez az eljárás nemcsak a hagyományos fémhegesztésre korlátozódik, hanem például a lézerhegesztés fátörési értékelésére is. A ciklikus átmeneti hatásokat elemezték, és a megkülönböztető ciklikus lágyulást a Ramberg-Osgood paraméterek lineáris beillesztésével írták le, az állandó amplitúdójú kontrollált vizsgálatokból származó károsodástól függően. A ciklusos viselkedés alapján a vizsgált hegesztések feszültség-nyúlásgörbéjének szimulációja állandó és változó amplitúdó terhelés mellett történt. A károsodási paramétereket a halmozódott károsodás meghatározására használják a fátörési élettartamának megállapításához. Végül, a számított fátörési élettartam a kísérletileg meghatározott élettartamokkal kerül összehasonlításra, ami az eljárás hatékonyságát mutatja.

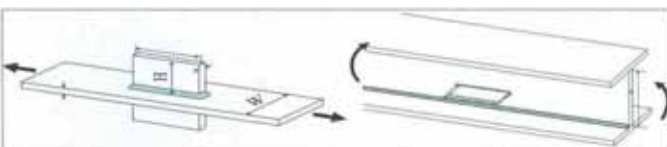
XIII-2800 HIGH CYCLE FATIGUE BEHAVIOUR OF THIN SHEET JOINTS OF ALUMINIUM-LITHIUM ALLOYS UNDER CONSTANT AND VARIABLE AMPLITUDE LOADING, S. Motrunich, I. Klochkov, A. Poklaytsky, E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Science of Ukraine.

A dolgozat bemutatja az alumíniumtövezetek volfrám elektródos inert gáz (TIG) hegesztésével és kavarró dörzshegesztéssel (FSW) előállított vékony lemezkötéseinek mikrostruktúráját, szilárdságát és élettartamát. Kimutatták, hogy az FSW-kötéseknek finomszemcsés mikrostruktúrája van a hegesztési varratban (3-4 μm), homogén, dezorientált szerkezettel és a szemcsék megnyúlásával és eltéréssel a lágyított fémmozgás irányában, a szomszédos területeken. A hegesztett kötések csatlakozási felületén a szakitószilárdságot és a keménységet meghatározták. A hegesztett élek hő-

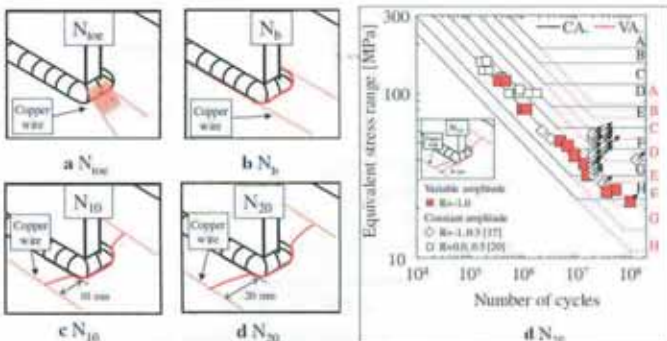
mérsékletének csökkentése csökkenti a hosszanti maradófeszültségek maximumális értékét az FSW kötésekben a TIG hegesztéshez képest. FSW és TIG kötések nagyciklusú fáradási tesztjeit állandó és változó amplitúdó terheléssel végezték. Kimutatták, hogy az FSW kötések fáradtsági viselkedése meghaladja a TIG hegesztéssel kapott kötések jellemzőit.

XIII-2815-19 EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF FATIGUE STRENGTH OF OUT-OF-PLANE GUSSET WELDED JOINTS UNDER VARIABLE AMPLITUDE LOADING IN LONG LIFE REGION, Yuki Kojikawa, Koji Kinoshita, Gifu University Japan

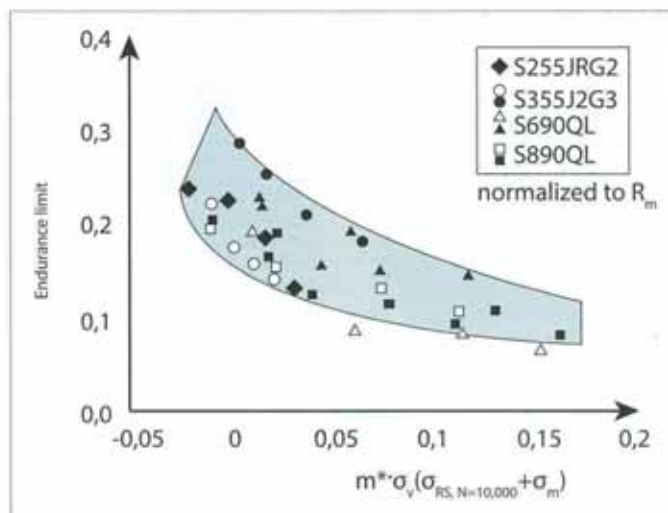
Bár jól ismert, hogy acélhidakipista, Koji K a változó amplitúdó-feszültség elosumer, Gifu U lik az alacsonyabb feszültségtartományra, a fáradás előírás kialakítója, Portugal, még folyamatban van, amikor a vále of Technolo zó amplitúdó terheléssel járó fáradás (Switzerland si szilárdságot kell kiértékelni és ez hosszirányú a fáradás-vizsgálat adatai szükséges csatlako sek. Japánban kifejlesztették és széleskörűen használt egyik körben használják a nagyobb terhelésű. Az olyan si gyakorisággal működő lemezhasználatoknál. Az olyan fáradás-vizsgáló gépet. Magasabb frekvenciájú működésének szilárdságot 3 va helési frekvenciájú működésének szilárdságot 3 va szönhetően a fáradásmérő gép lehet, a varratsze vé teszi a hegesztett kötések szilárdságkoncentráció ságának egyértelmű fáradását és keletkezik, a cs állandó, mind változó amplitúdóú függvényéb és mellett a hosszú élettartamú ási szilárdsági é ókban. Ez a tanulmány a csomólet mutatókat az zek hegesztésének fáradását vizá csomólemezh állandó és változó amplitúdóú különösen az Eu és mellett hosszú élettartamú csoportja van, kifejlesztett fáradás-vizsgálat alól kisebb hosszús, változó amplitúdójú vizsgálatirom csoportja 30 szerrel, a lemezhasználati fáradás en kívül a korábbi t lati gép segítségével. A fáradáskorábbi kategóriák meg gálat eredményei azt mutatták ki, hogy a a hosszú élettartamú régióban ált fáradási meg radási repedés kialakulását és a kis hosszúság desét az állandó amplitúdójú terhelés. Ennélfogv latból származó fáradási határokban a hosszú, n tartották. A fáradás eredményeinek csomólemezek fá is kimutatták, hogy a módszerrel előre jelezhető fáradás-vizsgálati ad



12. ábra. Lemez minta egytengelyű húzóterhelés mellett, tartó minta szimmetrikus csomólemezzel síkbeli hajlítás esetén



13. ábra a). A fáradási repedések helye, b). Fáradási tesz eredmények változó amplitúdójú terhelés esetén



14. ábra. A tompavarratok tartóssági határának csökkentése a növekvő kombinált terheléssel az átlagos feszültség és a maradó feszültség figyelembevételével

dás erősségét változó amplitúdó terhelés mellett a hosszú élettartamú régiókban is.

XIII-2817-19 A REANALYSIS OF FATIGUE TEST DATA FOR LONGITUDINAL AS-WELDED GUSSET JOINTS, Yuki Ono, Claudio A. Pereira Baptista, Koji Kinoshita, Alain Nussbaumer, Gifu University, Japan, GRID International – Consulting Engineers, Lisboa, Portugal, Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne, EPFL Switzerland

A hosszirányú hegesztett csomólemezes csatlakozás az acélhidaknál használt egyik jellemző szerkezeti részlet. Az olyan fáradás-tervezési előírásoknál, mint az IIW ajánlások, az Eurocode 3 vagy a JSSC, a fáradási szilárdságot csökkenő sorrendbe sorolják, a varratszegélynél adódó feszültségkoncentráció miatt, ahol a repedés keletkezik, a csomólemez hosszúsága függvényében. Azonban a fáradási szilárdsági értékek különbségeket mutatnak az előírások között, a csomólemez hossz tekintetében. Különösen az Eurocode 3-nak három csoportja van, amelyek 100 mm-nél kisebb hosszúságúak, míg a IIW három csoportja 300 mm-ig terjed. Ezenkívül a korábbi tanulmányok rámutattak arra, hogy a fáradási szilárdsági kategóriák meghatározására használt fáradási adatok túlnyomó többsége a kis hosszúságú mintákra korlátozódott. Ennélfogva ebben a vizsgálatban a hosszú, normál hegesztett csomólemezek fáradási szilárdságának újraértékelése érdekében a fáradás-vizsgálati adatok gon-

dos gyűjtését és szűrését végezték el a rendelkezésre álló irodalomból és az Eurocode háttérben használt korábbi eredeti adatbázisokról. Ezenkívül az adatbázis most 800 mm-ig terjedő mintákra is kiterjed. Statisztikai újraértékelést végeztünk számos paraméteren, mint például a minta geometriáján, a terhelési állapoton, a hegesztési részleteken, az acélminőségen és a feszültségárrányon. Megvitatták az egyes paramétereket és azok kombinált hatásainak szerepét. Ezen túlmenően az eredmények alapján módosított fáradási szilárdság-beosztást javasoltak az Eurocode 3 jelenlegi ajánlásán belül.

XIII-2795-19 MEAN STRESS CORRECTION IN FATIGUE DESIGN UNDER CONSIDERATION OF WELDING RESIDUAL STRESS, Jonas Hensel, Technische Universität Braunschweig, Germany

A hegesztett acélok fáradási szilárdságát befolyásolja az alkalmazott terhelés átlagos feszültsége és a hegesztés közelében a maradó feszültség. A hegesztett szerkezeteknél használt fáradás-tervezési koncepciók átlagos feszültség-korrektúrája általában megkülönböztet három szubjektív általánosított maradó feszültség esetet, az „alacsony, közepes és magas” maradó húzófeszültséget. A maradó feszültségnek ez a kvalitatív kezelése a maradó feszültség-hatások pontatlan értékeléséhez vezet, különösen akkor, ha a nyomó maradó feszültség van jelen, vagy nagyszilárdságú acélokat alkalmaznak.

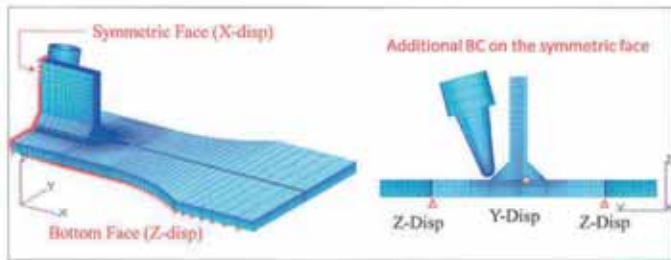
A tanulmány célja, hogy hangsúlyozza a terhelés átlagfeszültségének a ma-

radó feszültséggel való kölcsönhatását, és egy megközelítést adjon a feszültségkomponensek kombinált kezelésére a névleges feszültségkonceptiójával. Az átlagos feszültség és a maradó feszültség fáradásra gyakorolt hatása alapelveit mutatják be és vitatják meg. Továbbá hangsúlyozzák a maradó feszültség-relaxáció szerepét, és a ciklikusan stabilizált helyi maradó feszültség kombinálódik az átlagos feszültséggel és együtt adják az effektív átlagos feszültséget. A maradó és az átlagos feszültség hatások kvantitatív értékeléséhez a helyi tartóssági határok fáradás-tervezési koncepcióját és a tényleges átlagos feszültséget alkalmazzák.

Végül, a hatékony átlagos feszültség-megközelítést különböző acélminőségű hosszanti merevítőkre alkalmazzák, amelyek különböző maradó feszültségi állapotúak. Megmutatják, hogy az S-N görbék finomíthatóak a tényleges átlagos feszültség figyelembevételével. Végül a tényleges átlagfeszültségen alapuló javított tényező-konceptió kerül bemutatásra, amely lehetővé teszi az átlagos feszültség-korrektúrákat a maradó feszültség-állapot figyelembevételével.

XIII-2813-19 STUDY ON THE STABILITY OF COMPRESSIVE RESIDUAL STRESS INDUCED BY HIGH FREQUENCY MECHANICAL IMPACT UNDER CYCLIC LOADINGS WITH SPIKE LOADS, Hector Ruiz, Naoki Osawa, Luis De Gracia, Sherif Rashed, Osaka University, Japan.

Ebben a tanulmányban a korábban Leitner és szerzőtársai által végzett normál hegesztett és HFMI-vel kezelt



15. ábra. A HFMI kezelés szimulációinak körülményei



16. ábra. a). Az SCNZ 14.1: 2007 szabvány szerint Új-Zélandon használt hegesztett nyomaték átvívó kapcsolat ipari szabványformája, b). Az 1. minta meghibásodás után

csomólemezek-bekötő varratok felülvizsgálata és ellenőrzése került elvégzésre. Eredményeik alapján az állandó amplitúdójú és a különböző feszültség-amplitúdókkal rendelkező nyomócsúcs-terhelések maradó feszültségekre való hatását szimulálták. A feszültségváltozás szimulációs paramétereinek érzékenységi elemzését végezték el és javaslatokat tettek a maradó feszültség relaxációjára vonatkozólag. A maradó feszültség relaxációs szimulációs eredményeiből az alábbiak találhatók: (1) állandó amplitúdójú ciklikus terhelési esetekben a HFMI kezelés által kiváltott maradófeszültség transzverzális komponense és von Mises feszültség jelentős relaxációt mutat. A maradó feszültség hosszirányú komponense enyhe növekedést mutat, ha a ciklikus terhelés maximális feszültség értéke nagy; (2) az ütősszerű és az állandó amplitúdójú ciklikus terhelési esetekben a maradó feszültség hosszanti és keresztirányú összetevői és von Mises feszültség jelentős relaxációt mutat. A relaxáció mértéke jelentősebbé válik az ütősszerű terhelés és/vagy az állandó amplitúdójú terhelés maximális feszültségének növekedésével, eltérően a felső részen lévő hosszirányú összetevőtől.

A felső részen lévő hosszirányú maradó feszültség csak akkor változik jelentősen, ha a ciklikus terhelés maximális feszültsége kisebb, mint a képlekeny deformáció minimális névleges feszültsége.

XIII-2824-19 THE USE OF EFFECTIVE FULL PENETRATION OF T-BUTT WELDS IN WELDED MOMENT CONNECTIONS, H. Taheri, G.C. Clifton, P. Dong, M. Karpenko, G.M. Raftery, J.B.P. Lim, University of Auckland, Auckland, New Zealand, University of Michigan, Michigan, USA, Welding Centre, Heavy Engineering Research Association (HERA), Auckland, New Zealand

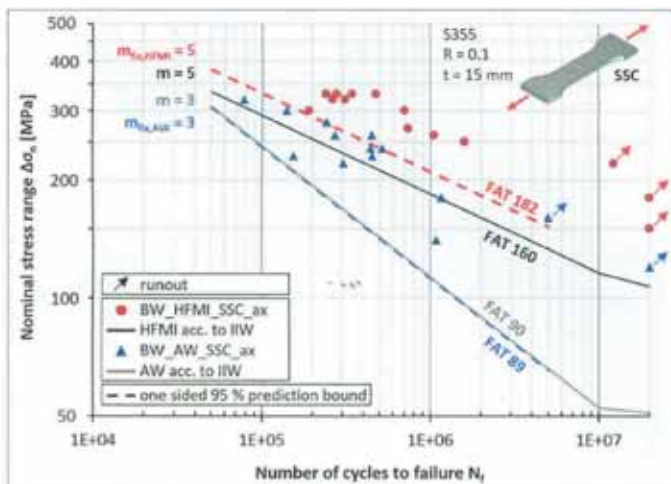
A hegesztett,nyomatéknak ellenálló kapcsolatokat számos acélszerkezeti szabvány tartalmazza nemzetközi szinten. A teljes beolvadású tompa-

varratokat gyakran alkalmazzák, hogy a gerenda és az oszlop övlemezeit összekapcsolják. A részleges beolvadású tompavarratok olcsóbbak, mint a teljes beolvadású tompavarratok és költségkímélőbbek, mint a nagy sarokvarratok. Az EN 1993-1-8 szabvány tartalmazza a „hatékony teljes beolvadású tompa-T-kötések” meghatározását, ami azt jelenti, hogy felhasználó a tompavarratokat lecserélheti, ami költségmegtakarítást eredményezhet. Ez a tanulmány a hegesztett oszlop-gerenda kapcsolatokat szeizmikus teljesítményét vizsgálja, a teljes beolvadású tompa-T-kötésekkel. Három teljes méretű tompa-T-varratú próbatestet vizsgáltak a SAC protokollon alapuló ciklikus terhelés mellett. Az eredmények azt mutatták, hogy a teljes beolvadású hegesztések nagyon jól működnek a szeizmikus terhelés esetén és a gerendán adódhatnak meghibásodások lehetővé teszik, hogy jelentős mennyiségű energiát lehessen eloszlatni a gerendán kialakuló képlekeny csuklóban, miközben a csatlakozó panel zónában kis mennyiségű folyás következik be és nincs tönkremenetel a kapcsolódási zóna hegesztéseiben. A mintadarabokat igazi műhelyi körülmények között gyártották le az EN 1993-1-8 által előírt varratprofilok megbízható gyártásával. A tanulmány az „egyenértékű szilárdság” elvén a részleges beolvadású tompavarratokat javasolja, amelyeket a tervező és/vagy a gyártó készíthet a teljes beolvadású tompavarratok kiváltására.

XIII-2781-19 APPLICATION OF HIGH FREQUENCY MECHANICAL IMPACT TREATMENT TO IMPROVE THE FATIGUE STRENGTH OF WELDED JOINTS IN CORROSIVE ENVIRONMENT, J. Weinert, S. Gkatzogiannis, I. Engelhardt, P. Knoedel, T. Ummenhofer, University of Applied Sciences Munich, Karlsruhe Institute of Technology, Germany

Ez a tanulmány a magas frekvenciájú mechanikus ütésekkel (HFMI) kezelt, S355 acélból készült szerkezeti részekkel foglalkozik, figyelembe véve a korrodáló környezeti hatásokat.

A vizsgálatokat $t=15$ mm vastagságú tompavarrat mintákon és $t=25$ mm vastagságú keresztirányú, nem teherhordó mintákon végezték. Két különféle laboratóriumi módszert alkalmaztak a tengeri maró környezet szimulálására a laboratóriumban. A sópermet kamrában elhelyezett mintákat ezután laboratóriumi levegőn száraz állapotban tesztelték, figyelembe véve a korrózió hatását a repedés kezdetére gyakorolt hatását. A korrózió hatására növekedésére gyakorolt hatása meghatározására mesterséges tengervizet használtak a korrózió előtti állapothoz és a korróziós közegben egyidejűleg végzett fáradtsági tesztekhez. A korróziós fáradási vizsgálatokat normál hegesztett és HFMI-vel kezelt körülmények között végezték, $R = 0,1$ feszültségarányú tengelyirányú húzási és 4-pontú hajlítási ciklus terhelések mellett. A vizsgálati eredményeket mérték a rögzített $m=3$ és $m=5$ meredekségű fáradási görbék meghatározására a HFMI-vel kezelt körülmények és a normál, kezeletlen hegesztésre vonatkozóan az IIW-ajánlások szerint. A névleges feszültség megközelítésen alapuló kísérleti vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy mindkét típus fáradási határát jelentősen megnövelheti a HFMI kezelés alkalmazása, összehasonlítva a megfelelő korrodált mintákkal normál, kezeletlen hegesztés esetén, még akkor is, ha a vizsgált maró hatásnak vannak kitéve a körülmények. A IIW tervezési javaslataival történő összehasonlítás azt mutatja, hogy a HFMI-vel kezelt hegesztéseknél a FAT-osztályt a korrózió miatt nem szükséges csökkenteni, és az ajánlott FAT-osztály továbbra is érvényes. A HFMI-vel kezelt keresztirányú rögzítések eredményei kissé elmaradnak az IIW által javasolt tervezési görbétől, és erre az esetre javaslat készül a korrózió figyelembevételére. Kiegészítő numerikus vizsgálatokat a bevágási feszültség megközelítés alkalmazásával használtak a hatékony bevágási feszültség görbék meghatározására. Megállapították,



17. ábra. A névleges S-N görbék rögzített meredekségű AW és HFMI-vel kezelt varratokkal, S355, SSC előre korrodált (10 napos) mintákból, majd ciklikus axiális szakítóterhelés alatt szárazon tesztelve, összehasonlítva az IIW szerinti FAT-kal

hogy a korrodált minták kezeletlen-hegesztett állapotában a IIW szerinti FAT osztályt nem sikerült elérni, és a korróziós hatások figyelembevétele érdekében kiigazításokra van szükség. Megállapítható azonban, hogy a IIW által javasolt, hatékony bevágási fáradás-ellenállás továbbra is alkalmazható a korrodált HFMI-vel kezelt szerkezeti részekre.

A XV-ös bizottságban, ahol a hegesztett szerkezetekkel foglalkoznak jóval kevesebb dokumentum volt, de ezek között is voltak érdekesnek mondhatók.

XV-1581-19 NUMERICAL SIMULATION ON WELDING STRESS AND DEFORMATIONS OF AN AXIAL COMPRESSOR WELDED FAN CASING, Jianxun Zhang, Jing Niu, Xian Jiaotong University, China

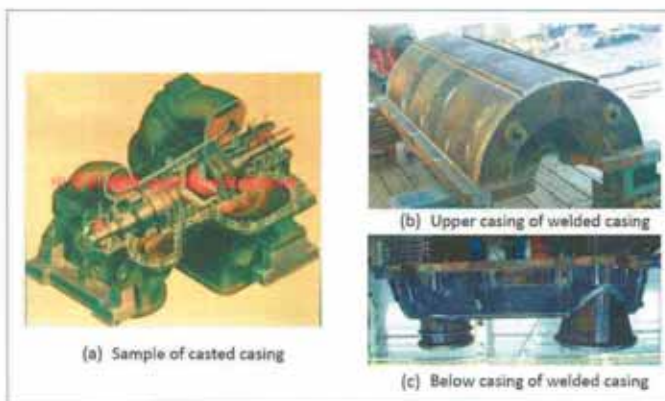
A hegesztett szerkezetek gyártási technológiájának fejlesztésével fontos tendencia az öntvény szerkezet hegesztett szerkezetként történő megtervezése. Annak érdekében, hogy az AV100-22 ventilátorházat öntött szerkezetről hegesztettre változtassák, a FEM elemzés alapján megkapták az AV100-22 hegesztési folyamatát minimális hegesztési deformációval, és elemezték a feszültségoldó hőkezelés hatásait a maradék hegesztési feszültségre a cikkben. Az optimált hegesztési gyártási folyamat a hegesztési deformációk numerikus szimulációjával érhető el a különböző hegesztési folyamatok során, mielőtt az axiális kompresszorházat öntvényből hegesztetten gyártják. A ház végső alakváltozása hajlító alakváltozás, felfelé és kifelé ívelt a karima közepén. A ház végén a végleges alakváltozást hordozható op-

tikai három koordinátás szkennelvel mérték, és jó egyezést mutatott a szimulált eredménnyel. Mind numerikus, mind kísérleti eredmények alapján a karima deformációja jó egyezést mutat egymással, és a hegesztési maradék feszültség körülbelül 200 MPa a véglap és a karima felületén, ami a hőkezelés után kevesebb, mint 100 MPa-ra csökkent.

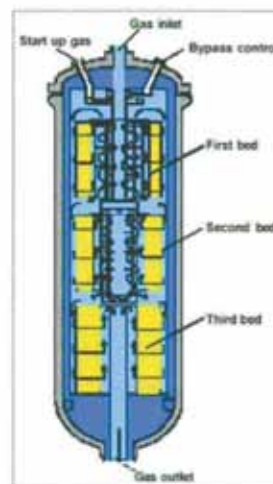
XV-1582-19 OPTIMUM DESIGN OF A WELDED PRESSURE VESSEL USING DIFFERENT HEAT RESISTANT STEELS, Antal Erdős, Károly Jármái, University of Miskolc, Hungary

Ebben a cikkben egy hegesztett nyomástartó edény elemzését és optimalizálását mutatják be egy ammónia szintézis átalakítónál, amely különböző típusú hő- és korrózióálló acélok-ból készülhet. Mint tudjuk, ezeknek az acéloknak három különböző típusa van, mint például a ferrites acélok, az ausztenites acélok és a kettő kombinációja a duplex acélok. Ezeket az acélokat széles körben használják elsősorban a vegyiparban. Minden típusnak előnyei és hátrányai vannak. Ebben az esetben helyénvaló kijelenteni, hogy a használat függ az acéllal érintkező anyagtól, különösen annak korrózió tulajdonságától, és a mechanikai feszültségektől is függ. Bemutatták különböző hőfokon és nyomáson működő szerkezetek optimalizálását, a sokféle rendelkezésre álló anyagból a legmegfelelőbb kiválasztását, figyelembe véve a szerkezet tömegét és gyártási költségeit.

XV-1606-19 ON THE WARPING AND DISTORTION OF CANTILE-



18. ábra. Az öntött és hegesztett ventilátorház

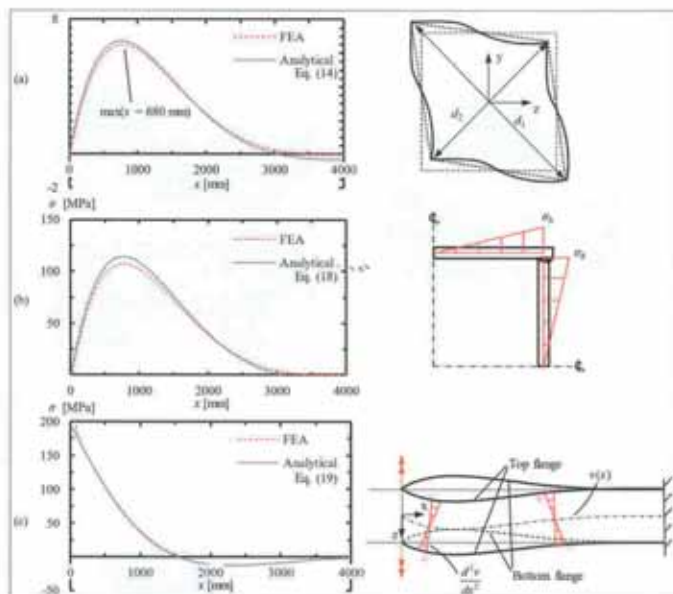


19. ábra. Az ammónia szintézis konverter felépítése

<https://www.slideshare.net/GerardBHawkins/ammonia-synthesis-flowsheet-operator-training>

VER BEAM WITH HOLLOW SECTION, Timo Björk, Antti Ahola, Tuomas Skriko, Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, Finland

Ez a tanulmány egy konzolos torony gerenda feszültség-elemzésével foglalkozik, amely változó torziós nyomaték terhelésnek van kitéve. Az ilyen gerendáknak több kritikus helye lehet az erősség szempontjából: az első érdekes részlet a keresztmetszet, ahol a terhelés meg van adva. Általában azonban ez a részlet úgy van kialakítva, hogy sima alakzatokat tartalmazzon, amelyek mérsékelt feszültségkoncentrációkat eredményeznek, és így elkerülhetőek a fáradási hibák. A keresztmetszet torzió deformációja azonban keresztirányú hajlítási feszültségeket vált ki, ami különösen káros lehet a hegesztett szekrényszelvényű gerendákban. Ezenkívül a rögzítési hely, ahol a gerenda tipikusan egy véglemhez van hegesztve, kritikus pont lehet. Ebben a tanulmányban analitikai megközelítést alkalmaznak a ke-



20. ábra. (a) terhelés és (b) torzulás-eloszlás az RHS-szelvényben

resztmetszet elhajlása és a téglalap alakú üreges szakaszok torzulás által indukált keresztirányú és hosszirányú feszültségeinek kiszámításához. Véges elem elemzéseket (FEA-k) végeztek az analitikai megközelítés ellenőrzésére, a véglemez részleteinek kritikus pontjainak meghatározására különböző fokú hegesztési penetrációval, hatékony nyírófeszültség (ENS) koncepció használatával, és javaslatok kidolgozására a diafragmák szerkezeti részleteiben a torzulás mértékének csökkentése érdekében.

A XI-es bizottság fő kutatási területe a nyomástartó edények. Jelenleg átalakulóban van, új elnöke lesz hamarosan.

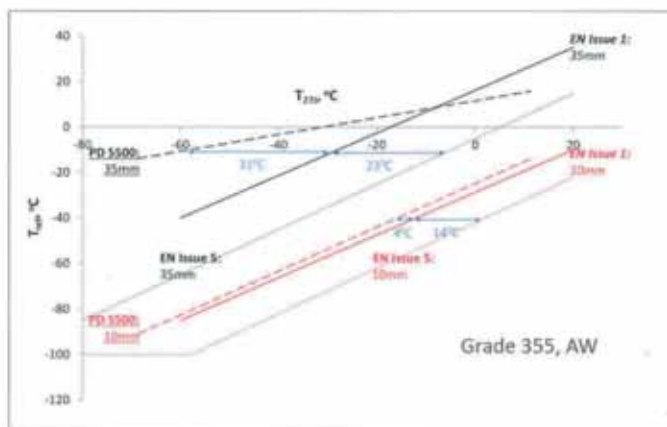
XI-1096-19 OPTIMISING THE SAFE DESIGN OF PRESSURE PLANT, Isabel Hadley, TWI, UK

Az előadás fő témája a PD 5500 és az EN 13445-2 Annex B szabványok összehasonlítása és kiegészítése volt a vonatkozó acélminőségek esetén alkalmazott tesztek, anyagvizsgálatok révén. Elsősorban az ütmunka figyelembevétele fontos már az anyagválasztás fázisában, melyet a későbbiekben összhangba kell hozni a falvastagsággal (miszerint nagyobb falvastagságú berendezés esetén az acélválasztás, esetlegesen újráválasztás során nagyobb ütmunkával rendelkező acélt célszerű választani a meghibásodás elkerülése végett). Azonban a vonatkozó szabványok esetén is jelentős eltérés van az átmeneti hőmérséklet meghatározása között, mely különösen nagy falvastagságok esetén jelentős. Ennek egyik forrása,

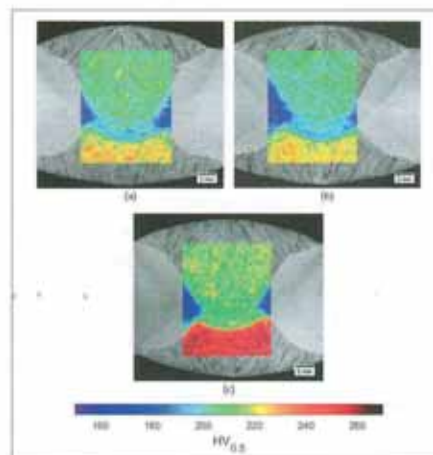
hogy az EN magasabb hőmérsékleten határozza meg az ütmunka értékét. További eltérés a két szabvány között, hogy az EN keresztirányban írja elő a próbatestet a PD pedig hosszirányban. A modell, mellyel a szabványok dolgoznak szintén eltérőek egymástól, míg a PD a széleskörű vizsgálatokra épít, melyet kiegészít a Charpy-tulajdonságokkal és a felhasználói tapasztalatokkal. Az EN törésmechanikai számításokat vesz alapul, melyet szintén kiegészít Charpy-tulajdonságokkal, valamint a feszültségintenzitási tényezővel, továbbá egyéb tesztekkel, például nagyszilárdságú acélokon végzett tesztekkel.

XI-1090-19 IX-L-1213-19 EFFECTS OF NIOBIUM IN SUBMERGED ARC WELD METAL, Tate Patterson, The Ohio State University, USA

A nagyszilárdságú, alacsony ötvözetű vagy mikroötvözött acélokat úgy tervezték, hogy megfeleljenek a tervezett üzemi feltételeknek, teljesítménykövetelményeknek. Ezen acélokat termomechanikus módon (TMCP) állítják elő az optimális mikroszerkezet és mechanikai tulajdonság elérése érdekében. A mikroötvözők kritikusak az optimális tulajdonságok eléréséhez a termomechanikus kezelés során. A vizsgálatot az API 5L X70 minőségű, körülbelül 0,1 tömeg% Nb-al ötvözött, csőacélon lettek elvégezve. A fedettívű hegesztés (SAW) egy általánosan használt gyártási módszer csőszakaszok építésére hosszanti- vagy spirálvarratos hegesztéssel. Problémák merülnek fel, amikor az alaplemezen lé-



21. ábra. A PD és az EN tervezési görbéinek összehasonlítása

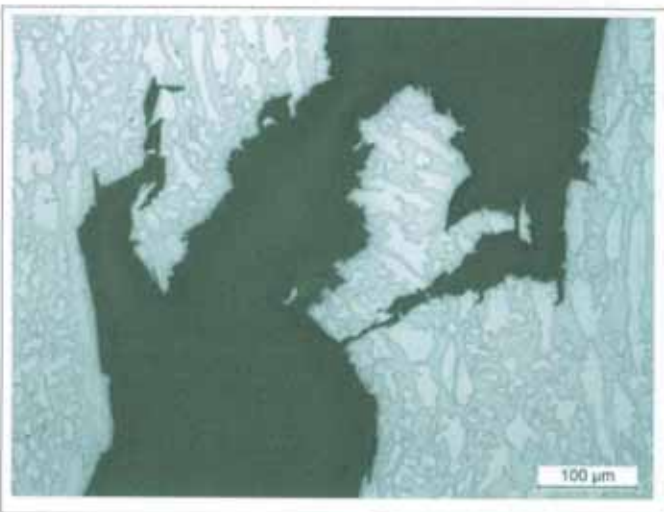


22. ábra. Feszültségeloszlás a hegesztett kötések esetén különböző Nb tartalom mellett: a, esetben 0,014%, b, esetben 0,03%, c, esetben 0,084%

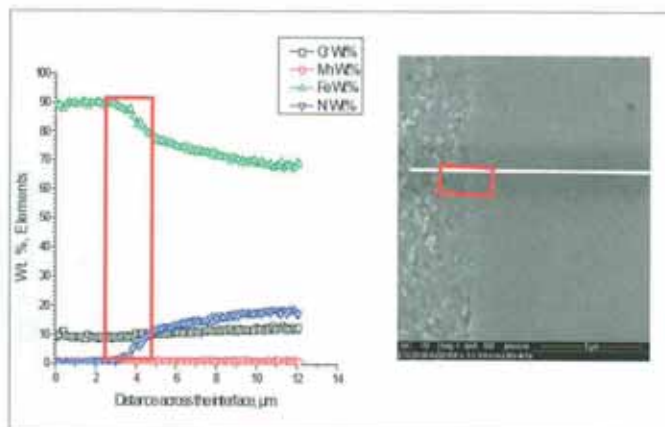
vő viszonylag nagy mennyiségű Nb-ot tartalmazó acél hegesztését kell elvégezni. A kísérletek azt mutatják a Nb-ról, hogy káros hatással van az ütmunkára.

A hegesztést tandem rendszerben valósították meg 2,8 kJ/mm hőbevitel mellett, a fejek dőlésszöge is eltérő volt, az első 5° a második 20°-os szöveget zárt be a merőlegessel a két elektróda között 16 mm-es távolsággal. Az optimális nióbium tartalom 0,019 % volt, amely mellett az ütmunka értéke maximális volt. A következtetésük a következő: a nióbium tartalmat nem érdemes az adott acél esetén 0,019 % fölé növelni, mert a nagyobb mennyiség az acélban lévő karbonnal és nitrogénnel karbidot, nitridet vagy karbonitridet képezhet, mely rideg fázis jelenléte jelentősen rontja az ütmunka értékét.

XI-1093-19 IX-H-893-19 FAILURE ANALYSIS OF DUPLEX 2205 GAS SEPARATOR WELDS OPERATING



23. ábra. A repedés terjedése a ferrites (szürke) régiókban történt a fehér (ausztenites) részeket elkerülve



24. ábra. Az ötvözők eloszlása a beolvadási vonal mentén

IN PROCESS PLANT CONDITIONS- Pekka Nevasmaa, VTT, Finland

Egy finomító leállításkor a 2205 duplex rozsdamentes acélból készült gázszeparátor (22% Cr – 5% Ni – 3% Mo) gázcsatornában széles körű, hosszirányú repedések találtak a körvarrattal párhuzamosan. A berendezés körülbelül két évig működött a 45°C-os üzemi hőmérsékleten és 47 bar nyomáson, hidrogén, hidrogén-szulfid, széndioxid és víz keverékkel dolgozott. A cél a repedések mechanizmusainak és mögöttes okainak meghatározása volt. A mikroszkópos és fraktográfiai vizsgálatok azt mutatták, hogy a repedések a helyi anomáliás régiókban, a lemezek felülete melletti vékony rétegben keletkeztek, közel több felületi repedéshez. Ezen a rétegen belül a ferrit fázisban egy intragranuláris kiválás következik be. A réteg keménysége magasabb volt, mint önmagában a ferrit- vagy ausztenites fázisoké. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a réteg króm-nitridet, Cr₂N-t tartalmaz. Az ilyen kiválások a hidrogénnel szembeni fokozott érzékenységgel és a hidrogén által kiváltott feszültség okozta repedéssel szembeni fokozott ellenállásnak tulajdoníthatók. Meghatározták az erre a repedési mechanizmusra jellemző mikroszerkezeti és fraktográfiai jellemzőket. Annak ellenére, hogy az alapanyagra kiterjedő felületi rendellenességek bonyolultak, a durva felületet durva szerkezetű hőhatásövezetre hasonlító mikroszerkezet kíséri, ami arra utal, hogy ez a véletlen hőkezelésből származik, mint pl. kerületi hegesztés. Ezen túlmenően a hegesztett kötés maga is felszíni és belső hibákat

mutatott, amelyek a gyenge hegesztési minőségnek tulajdoníthatók. Ezek a hegesztési hiányosságok azonban nem voltak közvetlen kapcsolatban a megfigyelt hibával. A repedés felszínén felismert lokális területek a repedések későbbi szakaszaiban a fáradásnak tulajdoníthatók. A megfigyelt repedés a hidrogén által kiváltott feszültség okozta repedés és a későbbi fáradás okozta terjedés kombinációjának köszönhető.

Hosszirányú repedés keletkezett a hegesztett kötés hőhatásövezetében, mely elérte a fém felszínét. A vizsgálatok ridegtörésről árulkodtak, melyet több véletlenszerű és irányú oldaltörés kísért. A repedésterjedését, magát az útvonalát elemezve kimutatható volt, hogy a repedés a terjedése során a ferrites régiókon keresztül haladt, míg az auszteniteseket kikerülte. A repedés megjelenésének oka feltehetően a pitting korrózió volt, melyre a tesztek alapján a 2205-ös duplex acél hajlamosat mutat már 30-40 °C feletti klorid tartalmú közeggel történő érintkezés esetén és az üzemi hőmérséklet ezt meghaladta, 45 °C volt és a klorid tartalmú közeggel való érintkezés feltétele is teljesült.

IX-C-1097-19 XI-1105-19 **ASSESSMENT OF PHASE TRANSFORMATION AT PARTIALLY MELTED ZONE OF DISSIMILAR CREEP RESISTANCE P91 AND ALLOY 800 TO MITIGATE CRACKS** Belinga Mvola^{1*}, Paul Kah¹, Pavel Layus¹, Chitta Ranjan Das², John Hald^{3†} LUT University, Lappeenranta, Finland. ²Indira Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam, India ³Technical

University of Denmark, Lyngby, Denmark

A P91-es kúszásálló acél fontos az energiaipar fejlesztésénél. A funkcionális követelményeknek való megfelelés érdekében valamikor elkerülhetetlen az eltérő acélok hegesztése. Az egyik általános alkalmazás az ausztenites korrózióálló acél és a ferrit acél hegesztése. A kutatási eredmények azt mutatják, hogy a közös kialakítás a párnaréteg-gel és a különböző töltőhuzalokkal eltérő kombinációt eredményez, de az összehegedés közelében lévő repedés még mindig közös hiba. A tanulmány célja, hogy numerikus szimulációval segítse az eljárás optimalizálását. A numerikus szimuláció lehetővé teszi a különböző hegesztési eljárások értékelését. Különböző megközelítések különböző takararétegekkel és hozaganyagokkal készültek és így lett elemelve a varrat és a hőhatásövezet közötti diffúziós kölcsönhatás az interfészen keresztül. A vizsgálatot tudományos acél adatbázis is segíti. A tanulmány több hegesztési eljárást elemel és értékeli az optimális eredmény megtalálásához. A numerikus eredményt összehasonlítják a normál hegesztett mintával, különböző hegesztési eljárások esetén. A többrétegű hegesztés különböző átmérőjű huzalelektrodákkal történik. A várt eredmény az eltérő hegesztett kötések esetén a kúszással szembeni ellenállás javítása, és huzalkombináció ajánlása volt. A tesztek megalapozhatják az energiaipar új generációját és biztosíthatják a hosszantartó energiaellátást.

*Prof. Dr. Jármay Károly,
egyetemi tanár

**Erdős Antal,
doktorandusz
Miskolci Egyetem